

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-235429

(43)Date of publication of application : 31.08.2001

(51)Int.Cl. G01N 21/956
G01B 11/30
G06T 1/00
H01L 21/66

(21)Application number : 2000-047949

(71)Applicant : TOPCON CORP

(22)Date of filing : 24.02.2000

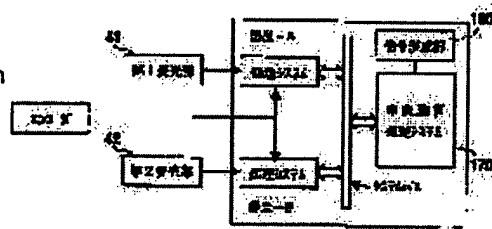
(72)Inventor : ISOZAKI HISASHI
YOSHIKAWA HIROSHI

(54) SURFACE INSPECTION INSTRUMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a surface inspection instrument with a wide dynamic range which enables measurement of small to large foreign matters.

SOLUTION: The surface inspection instrument has a light source part to emit first and second light fluxes, first and second irradiation optical systems to irradiate the surface of an object to be inspected with the first and second light fluxes at angles of irradiation different from each other, a displacing part to relatively displace the object and the irradiation light fluxes of the irradiation optical systems, a photodetecting optical system to receive the scattered light of the first and second light fluxes generated from a subject on the surface of the object irradiated by the first and second irradiation optical systems, a first photodetecting part 41 to convert the scattered light of the first light flux received by the photodetecting optical system to a first received light signal, a second photodetecting part 42 to convert the scattered light of the second light flux received by the photodetecting optical system to a second received light signal, a signal formation part 180 to form a measuring signal based on the first and second received light signals. The first and second received light signals with the dynamic range thereof different from each other are synthesized to form the measuring signal.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-235429

(P2001-235429A)

(43) 公開日 平成13年8月31日 (2001.8.31)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード [*] (参考)
G 0 1 N 21/956		G 0 1 N 21/956	A 2 F 0 6 5
G 0 1 B 11/30		G 0 1 B 11/30	A 2 G 0 5 1
G 0 6 T 1/00	3 0 5	G 0 6 T 1/00	3 0 5 A 4 M 1 0 6
	4 2 0		4 2 0 F 5 B 0 4 7
H 0 1 L 21/66		H 0 1 L 21/66	J 5 B 0 5 7
審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 12 頁)			

(21) 出願番号 特願2000-47949 (P2000-47949)

(22) 出願日 平成12年2月24日 (2000.2.24)

(71) 出願人 000220343

株式会社トプコン

東京都板橋区蓮沼町75番1号

(72) 発明者 磯崎 久

東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社ト
プコン内

(72) 発明者 吉川 浩

東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社ト
プコン内

(74) 代理人 100074538

弁理士 田辺 徹

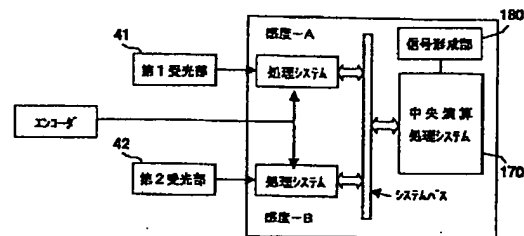
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 表面検査装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 小さな異物から大きな異物まで測定できる、広いダイナミックレンジを有する表面検査装置を提供する。

【解決手段】 表面検査装置が、第1光束と第2光束を発する光源部と、第1光束および第2光束を互いに異なる照射角度により被検査物の表面に照射する第1照射光学系および第2照射光学系と、被検査物と照射光学系の照射光束とを相対的に変位させる変位部と、第1照射光学系および第2照射光学系で照射されて被検査物表面の検査対象から生じる第1光束および第2光束の散乱光を受光する受光光学系と、受光光学系で受光した第1光束の散乱光を第1受光信号に変換する第1受光部41と、受光光学系で受光した第2光束の散乱光を第2受光信号に変換する第2受光部42と、第1受光信号及び第2受光信号に基づき測定信号を形成する信号形成部180とを有する。ダイナミックレンジが互いに異なる第1受光信号と第2受光信号を合成して測定信号を形成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 被検査物の表面に照射するための第1光束と第2光束を発する光源部と、
 第1光束を第1照射角度により被検査物の表面に照射する第1照射光学系と、
 第2光束を第1照射角度とは異なる第2照射角度により被検査物の表面に照射する第2照射光学系と、
 被検査物と照射光学系の照射光束とを相対的に変位させる変位部と、
 第1照射光学系で照射されて被検査物表面の検査対象から生じる第1光束の散乱光と、第2照射光学系で照射されて被検査物表面の検査対象から生じる第2光束の散乱光を受光する受光光学系と、
 受光光学系で受光した第1光束の散乱光を第1受光信号に変換する第1受光部と、
 受光光学系で受光した第2光束の散乱光を第2受光信号に変換する第2受光部と、
 第1受光信号及び第2受光信号に基づき測定信号を形成する信号形成部とを有し、
 第1受光部と第2受光部は、それぞれ、ダイナミックレンジが互いに異なる第1受光信号と第2受光信号を形成するものであって、
 信号形成部は、ダイナミックレンジが互いに異なる第1受光信号と第2受光信号を合成して、測定信号を形成する構成になっていることを特徴とする表面検査装置。
 【請求項2】 光源部が発生する第1光束の第1の特徴と、光源部が発生する第2光束の第2の特徴は、光束の波長又は偏光成分であることを特徴とする請求項1記載の表面検査装置。
 【請求項3】 第1照射光学系の第1照射角度は、第2照射光学系の第2照射角度よりも小さく設定されていることを特徴とする請求項1又は2記載の表面検査装置。
 【請求項4】 被検査物の表面に照射する光束を発する光源部と、
 光束を所定の照射角度により被検査物の表面に照射する照射光学系と、
 被検査物と照射光学系の照射光束とを相対的に変位させる変位部と、
 照射光学系で照射されて被検査物表面の検査対象から生じる第1散乱方向の第1散乱光を受光する第1受光光学系と、
 照射光学系で照射されて被検査物表面の検査対象から生じる第2散乱方向の第2散乱光を受光する第2受光光学系と、
 第1受光光学系で受光した第1散乱光を第1受光信号に変換する第1受光部と、
 第2受光光学系で受光した第2散乱光を第2受光信号に変換する第2受光部と、
 第1受光信号及び第2受光信号を合成することにより、測定信号を形成する信号形成部とを有し、

第1受光部と第2受光部とは、それぞれ、ダイナミックレンジが互いに異なる第1受光信号と第2受光信号を形成するものであって、

信号形成部は、ダイナミックレンジが互いに異なる第1受光信号と第2受光信号を合成して、測定信号を形成する構成になっていることを特徴とする表面検査装置。

【請求項5】 第1散乱方向は、第2散乱方向よりも光束の照射方向に対して大きな角度をなすものであることを特徴とする請求項4記載の表面検査装置。

【請求項6】 信号形成部は、第1受光信号に含まれる異物信号と、第2受光信号に含まれる異物信号とを抽出し、各受光信号中の所定範囲に含まれる異物信号は、同一の異物によるものと判別し、所定条件を満足する方の受光信号を優先的に利用して、測定信号を形成するように構成されていることを特徴とする請求項1乃至5のいずれか1項に記載の表面検査装置。

【請求項7】 信号形成部は、第1受光信号又は第2受光信号に基いて、所定レベルを横切った際の座標と、所定レベルを越えた範囲でのピークレベルとにより異物データを形成するように構成されていることを特徴とする請求項6記載の表面検査装置。

【請求項8】 信号形成部は、第1受光信号と第2受光信号のうち、感度の高い方の受光信号で異物信号を検出した際のピークレベルが飽和している場合に、感度の低い方の受光信号に基づき異物データを形成するように構成されていることを特徴とする請求項7記載の表面検査装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、被検査物表面上の種々の異物を検出する表面検査装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来から、検出光を被検査物表面上に入射し、その被検査物表面上の異物からの散乱光を検出するシステムにおいて、ダイナミックレンジを拡大する方法はいくつか知られている。

【0003】しかし、従来の検出システムにおいては、異物からの散乱光を同一処理系で処理することでデータのダイナミックレンジを確保していた。処理系の異なるデータ間では、その検出目的の違いから連続的なダイナミックレンジの拡大には利用されることがなかった。

【0004】また、ソフトウェア処理によりダイナミックレンジを拡大する方法も知られているが、実際の散乱光を捕らえた場合と比べ、異物のサイズの検出精度が悪い。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】近年、工程の複雑化や微細化が進む中、より小さな異物と大きな異物を同時に測定できることが望まれている。測定すべき被検査物表面上の異物サイズは著しく小さいものまで含まれるよ

うになっており、より高感度に微細な異物を捕らえることが重要になっている。

【0006】また、異物の分析などの必要性から、より正確な異物サイズを把握することが必要となってきた。

【0007】さらに、異物のみを測定するのではなく、被検査物表面上のさまざまな情報を捉える必要がでてきた。

【0008】小さい異物から、大きな表面上の凹凸までという広いダイナミックレンジが求められるようになってきたのである。

【0009】また、従来は、さまざまな表面情報を得る為に全く異なる目的で検出装置を配置することがあった。しかし、各検出装置は、それぞれの目的以外では使用されず、1つの機能のためにのみ存在するにすぎなかった。

【0010】また、それらの検出装置を処理する互いに異なる処理系から得られたデータでは、たとえ広いダイナミックレンジを達成できたとしても、飽和データを含むこともある高感度側からの異物情報に基づいて作成されることはなかった。そのため、互いに異なる検出系が単に別々に結果をだしているにすぎなかった。つまり、飽和データを含むこともある高感度側からのデータを受け継いだ、広く連続したダイナミックレンジは提供されていなかった。

【0011】本発明は、広いダイナミックレンジで被検査物表面上の種々の異物を検出することができるようにすることを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明の好適な解決手段は、請求項1～8に記載の表面検査装置である。

【0013】

【発明の実施の形態】本発明は、広いダイナミックレンジとくに広く連続したダイナミックレンジで被検査物表面上の種々の異物を検出する表面検査装置を提供する。

【0014】従来、倍率や感度が互いに異なる複数の検出系で検出されて処理された各種のデータは、そのデータの関連付けがされないため、ダイナミックレンジの拡大には利用されていなかった。

【0015】しかし、データの座標を正確に計測することにより、異物の情報には精度のよい座標データが付加できる。このように座標データを利用することで、互いに異なる複数の異物検出系での検出によっても、異物の連続性を判断し、広いダイナミックレンジを提供する。異なる処理系で処理された座標データを関連付けて、ダイナミックレンジの拡大に利用するのである。

【0016】本発明の好ましい典型例においては、被検査物の表面に照射する第1光束と第2光束を発する光源部と、第1光束を第1照射角度により被検査物の表面に照射する第1照射光学系と、第2光束を第1照射角度とは異なる第2照射角度により被検査物の表面に照射する

第2照射光学系と、被検査物と照射光学系の照射光束とを相対的に変位させる変位部と、第1照射光学系で照射されて被検査物表面の検査対象から生じる第1光束の散乱光と第2照射光学系で照射されて被検査物表面の検査対象から生じる第2光束の散乱光を受光する受光光学系と、受光光学系で受光した第1光束の散乱光を第1受光信号に変換する第1受光部と、受光光学系で受光した第2光束の散乱光を第2受光信号に変換する第2受光部と、第1受光信号及び第2受光信号に基づき測定信号を形成する信号形成部とを設ける。第1受光部と第2受光部は、ダイナミックレンジが互いに異なる第1受光信号と第2受光信号を形成するものである。また、信号形成部は、ダイナミックレンジが互いに異なる第1受光信号と第2受光信号を合成して、測定信号を形成する。

【0017】このように構成することにより、目的の異なる複数の処理系もしくは感度の異なる複数の処理系を用いて、表面検査装置のダイナミックレンジを拡大することができる。

【0018】好ましくは、光源部が発生する第1光束の第1の特徴と、光源部が発生する第2光束の第2の特徴は、光束の波長又は偏光成分とする。

【0019】好ましくは、第1照射光学系の第1照射角度は、第2照射光学系の第2照射角度よりも小さく設定する。

【0020】さらに、受光光学系は、照射光学系で照射されて被検査物表面の検査対象から生じる第1散乱方向の第1散乱光を受光する第1受光光学系と、照射光学系で照射されて被検査物表面の検査対象から生じる第2散乱方向の第2散乱光を受光する第2受光光学系とから構成する。第1受光部により第1受光光学系で受光した第1散乱光は第1受光信号に変換し、第2受光部により第2受光光学系で受光した第2散乱光は第2受光信号に変換する。そして、信号形成部によりダイナミックレンジが互いに異なる第1受光信号と第2受光信号を合成して、測定信号を形成する。この場合、光源部は各種のものが採用できる。たとえば、1つの光束を発する光源部でもよい。

【0021】好ましくは、第1散乱方向は、第2散乱方向よりも光束の照射方向に対して大きな角度をなすようにする。

【0022】好ましくは、信号形成部は、第1受光信号に含まれる異物信号と、第2受光信号に含まれる異物信号とを抽出し、各受光信号中の所定範囲に含まれる異物信号は、同一の異物によるものと判別し、所定条件を満足する側の受光信号を優先的に利用して測定信号を形成する。

【0023】好ましくは、信号形成部は、第1受光信号又は第2受光信号において、所定レベルを横切った際の座標と、所定レベルを越えた範囲でのピークレベルとにより、異物データを形成する。

10

20

30

40

50

【0024】好ましくは、信号形成部は、第1受光信号と第2受光信号のうち、感度の高い側の受光信号で異物信号を検出した際のピークレベルが飽和している場合に、感度の低い側の受光信号に基づき異物データを形成する。

【0025】

【実施例】図1は、本発明の好適な1つの実施例による表面検査装置の主要な光学要素の概略配置図である。

【0026】表面検査装置1は、少なくとも波長 λ 1の光束11を発するレーザチューブ等の光源部10と、光源部10からの波長 λ 1の光束11を照射角度 θ 1によって、被検査物である半導体ウエハ2に照射する照射光学系20と、照射光学系20によって照射された光束11による半導体ウエハ2の表面の検査点Pからの散乱光を第1散乱方向から受光する第1受光光学系40と、照射光学系20によって照射された光束11による半導体ウエハ2の表面の検査点Pからの散乱光を第1散乱方向とは異なる第2散乱方向から受光する第2受光光学系50と、被検査物たる半導体ウエハ2を照射光学系20の照射光束11に対して相対的に直線及び回転移動可能とする変位部60とを有する。図示例の第1受光光学系40の仰角は、 30° である。

【0027】光源部10から射出された波長 λ 1の光束11は、第1ミラー21によって向きが変えられ、第1照射レンズ群22、第2ミラー23を介して照射角度 θ 1で被検査物2の表面の照射点Pに照射される。

【0028】照射点Pに検査対象すなわち異物等が存在した場合、これに照射光束が照射されると、所定の指向性に従って散乱光が生じる。照射角度 θ 1は、被検査物2の法線方向を基準に設定する。図1の実施例において、照射角度 θ 1は、所定角度が選択される。

【0029】次は、第1受光光学系40（側方散乱）と第2受光光学系50（前方散乱）を説明する。

【0030】前述の散乱光を受光するために第1受光光学系40と第2受光光学系50が設けられている。第1受光光学系40は、照射光学系20によって照射された光束11による半導体ウエハ2の表面の検査点Pからの散乱光を第1散乱方向から受光する。第2受光光学系50は、照射光学系20によって照射された光束11による半導体ウエハ2の表面の検査点Pからの散乱光を第1散乱方向とは異なる第2散乱方向から受光する。

【0031】第1散乱方向の第1受光水平角 $\theta H1$ （たとえば 90° ）及び第2散乱方向の第2受光水平角 $\theta H2$ （たとえば 50° ）は、照射光学系20による照射光束11が被検査物2で鏡面反射されたときの反射方向を基準にして測る。図1の実施例においては、第1受光水平角 $\theta H1 >$ 第2受光水平角 $\theta H2$ の関係にある。

【0032】第1及び第2受光方向の受光仰角は例えば 30° に設定される。

【0033】図2に示すように、第1受光光学系40で

受光された受光光束は、受光光路に挿入又はこれから離脱するために矢印方向（図2の上下方向）に移動可能に配置されているNDフィルタ200を経たあと、波長 λ 1の光束にダイクロイックミラー45で分離される。そして、第1受光部41は、第1受光光学系40で受光した波長 λ 1の散乱光を受光し、第1受光信号に変換する。

【0034】第2受光光学系50も、図2に示すものと同様の光学系により、矢印方向（図2の上下方向）に移動可能に配置されているNDフィルタを経たあと、第1波長 λ 1の光束にダイクロイックミラー45で分離する。第2受光部42が、第2受光光学系50で受光した第1波長 λ 1の散乱光を受光し、第2受光信号に変換する。

【0035】前述の第1受光部41及び第2受光部42は、フォトマルチプライヤーなどの受光素子が望ましい。

【0036】また、変位部60を説明すると、変位部60は、被検査物2を回転変位させる回転変位部61と、被検査物2を直線変位させる直線変位部62とから構成されている。回転変位部61の一回転の変位に対して、直線変位を光束の幅の所定割合だけ移動させるようにすることで、被検査物2を第1照射光学系20の照射光により被検査物2をくまなく螺旋走査する。

【0037】本発明は前述のような走査方法に限られるものではなく、回転変位の代わりに照射光束をポリゴンミラーなどで直線走査を行うようにしてもよい。

【0038】図1の実施例では、回転変位部61が回転テーブルを回転させる回転モータにより構成され、直線変位部62がその回転モータを直線的に移動させるスライド移動部で構成されている。スライド移動部は、その移動により照射光学系20の照射光束11の照射位置が被検査物2の中心を通り、直径方向によぎるように変位させる。

【0039】図3は、本発明による表面検査装置のブロック図である。

【0040】後述する中央演算処理システム170から信号処理部の働きを行う制御演算部120に測定信号が送られ、所定の信号処理がなされる。制御演算部120は、所定の信号処理を行い、検査結果を必要に応じて表示部130で表示させたり、記憶部140に記憶したり、その記憶内容の読み出しを行う。

【0041】また、制御演算部120は、判別部160を制御する。判別部160は、被検査物上の検査対象の種類判別を行う。

【0042】さらに、制御演算部120は、回転変位部61の回転モータや直線変位部62のスライド移動部を制御したり、第1受光部41及び第2受光部42の感度切換部150を制御する。

【0043】感度切換部150は、NDフィルター20

0を図2の矢印方向に移動して、第1受光部41及び第2受光部42の受光窓にNDフィルター200を挿入して感度を下げたり、受光窓からNDフィルター200を離脱して感度を上げたりすることにより感度切換を行う。

【0044】第1受光部41及び第2受光部42をフォトマルチプライヤーで形成したときには、これらに加える電圧の調整により感度を切り換えることもできる。

【0045】図4は、中央演算処理システムによる測定信号形成のシステムのブロック図である。

【0046】第1受光光学系40で受光された第1散乱光は、第1受光部41により第1受光信号に変換される。第1受光信号は、感度A側の処理システム（処理系）により、後述する所定の信号処理が施される。ここで、感度Aは高感度系である。信号処理が施された第1受光信号は、感度A側の処理システム内のメモリ部に記憶される。

【0047】第2受光光学系50で受光された第2散乱光は、第2受光部42により第2受光信号に変換される。第2受光信号は、感度B側の処理システム（処理系）により、後述する所定の信号処理が施される。ここで、感度Bは低感度系である。信号処理が施された第2受光信号は、感度B側の処理システム内のメモリ部に記憶される。

【0048】なお、感度A側の処理システムと感度B側の処理システムは互いに独立している。

【0049】また、第1受光部41と第2受光部42は、調整（ゲインを変える等）をして、異なる感度にする。第1受光部41と第2受光部42は、異なる種類のデバイスを用いてもよい。

【0050】前述のように感度A側で処理された第1受光信号と、感度B側で処理された第2受光信号に基づいて、中央演算処理システム170の信号形成部180で測定信号が形成される。

【0051】図5は、図4に示す処理システムの一例を示すブロック図である。

【0052】第1受光信号又は第2受光信号は、受光部から、処理システム内のAMP回路を介して、A/D変換回路に送られる。受光信号は、A/D変換回路により、アナログ信号からデジタル信号に変換され、ピーク検出回路部及び座標検出部に送られる。ピーク検出回路部及び座標検出部では、エンコーダ信号で、異物データが抽出される。異物データは、データ処理回路部で所定のデータ処理が施される。そして、異物データは、メモリ部に記憶される。異物データは、スタート座標、ピーク座標、エンド座標及びピークレベル値の4つの要素からなる。

【0053】図6は、受光信号における異物データの構造の一例を示した図である。図7は、そのような異物データの模式図である。

【0054】検出光を所定方向に走査させていくとき、異物の散乱信号がスレッシュホールド信号（図6に水平に実線で示されている）を越えたら、そこをスタート座標（Start）として記憶し、その後、異物散乱信号がスレッシュホールド信号を下回ったら、そこをエンド座標（End）として記憶し、スタート座標とエンド座標との間で異物散乱信号が最も大きかったところをピークレベル値（Peak）として記憶する。スタート座標（Start）、ピークレベル値（Peak）およびエンド座標（End）からなる異物データに基づいて被検査物の表面上の異物を特定する。

【0055】図6においては、異物は、Da、Db、Dcが特定されるので、異物の個数は3になる。この場合、区間A、Bのデータは異物の個数に無関係になり、異物の個数は3個とカウントされる。異物Daのデータは、スタート座標がDa:Startであり、ピークレベル値がDa:Peakであり、エンド座標がDa:Endである。他の異物のデータも同様である。

【0056】図4の中央演算処理システムについて、さらに説明する。

【0057】中央演算処理システム170は、感度A側のメモリ部（図5）に記憶された第1受光信号から、ピークレベル値が飽和したデータを探し、その座標を求める。中央演算処理システム170は、そのピークレベル値が飽和したデータの座標に基づき、感度B側のメモリ部（図5）に記憶された第2受光信号のデータを検索する。この時、次の処理がなされる。すなわち、ピークレベル値が飽和したデータの座標を中心とした一定範囲が、感度B側で検索される。感度B側の一定範囲で異物が検出されている場合、その異物は感度A側で飽和したデータとして検出された異物と同一の異物と判断される。

【0058】また、感度B側では、検出された異物の所定の連続性が判断される。感度B側で所定の連続性を有する異物は1つの連続した異物とみなされる。その1つの連続した異物は、感度A側で飽和データとして検出された異物と同一の異物と判断される。そして、上述のように感度A側でデータが飽和している場合、その飽和データが位置する座標においては、感度B側のデータが採用される。感度A側又は感度B側で得られたデータからは、異物の大きさが求められる。

【0059】中央演算処理システム170は、さらに、感度A側のメモリ部（図5）に記憶された第1受光信号からピークレベル値が飽和したデータを探し、上述と同様の処理を行う。

【0060】上述のように、中央演算処理システム170は、互いに独立した処理システムで処理された第1受光信号と第2受光信号に対して、さらに処理を施す。そして、中央演算処理システム170は、信号形成部180で測定信号を形成する。信号形成部180は、高感度

側の受光信号(ここでは、第1受光信号)を優先的に利用して、第1受光信号と第2受光信号を合成して、測定信号を形成する。また、信号形成部180は、高感度側の受光信号(第1受光信号)と低感度側の受光信号(第2受光信号)に基づき、異物データを形成する。

【0061】たとえば、図8のような受光信号が得られた場合、高感度Aでは、異物1と異物2が認識される。

【0062】異物2は感度A側で飽和しているため、その感度A側で飽和しているデータの座標と同一の座標の感度B側のデータを探す。そして、座標 $t_{n,1}$ においては、感度B側のデータが採用される。この場合、座標データは時刻 t で表されている。座標位置の基準となる信号は、共通の信号を利用するのが通例であるが、高速クロックの場合は、互いに異なる信号を利用するのが好ましい。

【0063】図8の場合、感度Bでは異物1と異物2が認識されていても異物2のみが対象となり、異物2の大きさのデータは感度Bのデータが採用される。

【0064】上述のようにして、中央演算処理システムは、感度A側と感度B側で得られたデータに基づいて信号形成部で測定信号を形成する。

【0065】たとえば、図9のような受光信号が得られた場合、感度Aでは異物1と異物2が認識される。異物2は感度A側で飽和しているため、その感度A側で飽和しているデータの座標と同一の座標の感度B側のデータを探す。そして、座標 $t_{n,1}$ においては、感度B側のデータが採用される。この場合、座標データは時刻 t で表されている。この場合、感度A側と感度B側で、異物2が時刻 $t_{n,1}$ で一致していなくても、周囲にデータが無い場合は、感度B側の一定の範囲を検索して、感度B側の異物2を感度A側の異物として認識する。この一定の範囲は、例えば、感度A側の異物2のすその範囲としたり、測定系の持つ時間誤差や座標誤差を考慮した範囲とする。

【0066】上述のようにして、中央演算処理システムは、感度A側と感度B側で得られたデータに基づいて信号形成部で測定信号を形成する。

【0067】上述のようにして形成された測定信号は、制御演算部120に送られ、所定の信号処理が行われる。

【0068】図10は、本発明の表面検査装置の変形例を示す図である。

【0069】図10において、表面検査装置101は、少なくとも第1波長 λ_1 の光束11と、これと異なる第2波長 λ_2 の光束12を発するレーザチューブ等の光源部10と、光源部10からの第1波長 λ_1 の光束11を第1照射角度 θ_1 によって、被検査物である半導体ウエハ2に照射する第1照射光学系20と、光源部10からの第2波長 λ_2 の光束12を第2照射角度 θ_2 によって、第1照射光学系10と同様に半導体ウエハ2の表面

の検査点P上に照射する第2照射光学系30と、第1照射光学系20と第2照射光学系30によって照射された光束11、12による半導体ウエハ2の表面の検査点Pからの散乱光を第1受光方向から受光する第1受光光学系40と、被検査物たる半導体ウエハ2を上記第1照射光学系20の照射光束11に対して相対的に直線及び回転移動可能とする変位部60とを有する。図10の第1受光光学系40の仰角は、 30° である。

【0070】光源部10を説明する。少なくとも第1波長の光束11と、これとは異なる第2波長の光束12を発する光源部10としては、複数の波長の光束を発する各種のものが利用できる。例えば、マルチラインのレーザのように一つの光源で複数の波長の光束を発するものや、異なる波長の光束を発する複数の光源の光束をハーフミラーなどで合成して一つのビームを形成するものを採用できる。

【0071】マルチラインのレーザを採用する際に、不必要な波長の光束が発生する場合は、第1波長と第2波長を通過させるバンドパスフィルターを通過させることにより、必要な波長の光束のみを取り出すことができる。

【0072】異なる波長の光束を発する複数の光源を使用する場合は、複数の光束をハーフミラーなどで合成して一つのビームを形成する。

【0073】図10の例で光源部10としてアルゴンイオンレーザを用いる場合、488nmの波長と514.5nmの波長を選択するのが好ましい。光源部10から射出された光束に関していえば、第1波長 λ_1 の光束11を通過させ、かつ第2波長 λ_2 の光束12を反射させるダイクロイックミラー3を使用することによって、第1波長の光束11と第2波長の光束12が分離される。第1波長の光束11は、第1ミラー21によって向きが変えられ、第1照射レンズ群22、第2ミラー23を介して第1照射角度 θ_1 で被検査物2の表面の照射点Pに照射される。第2波長の光束12は、ダイクロイックミラー3によって反射され、第2照射レンズ群31、第3ミラー32及び第4ミラー33を介して第2照射角度 θ_2 で被検査物2の表面の照射点Pに照射される。

【0074】照射点Pに検査対象すなわち異物等が存在した場合、これに照射光束が照射されると、所定の指向性に従って散乱光が生じる。第1照射角度 θ_1 及び第2照射角度 θ_2 は、被検査物2の法線方向を基準にして設定する。図10の実施例において、第1照射角度 θ_1 は、入射角度として0度から40度の範囲から所定角度が選択される。第2照射角度 θ_2 は50度から85度の範囲から所定角度が選択される。水平方向は、一致していても異なっても差し支えない。

【0075】図10の実施例においては、第1照射角度 $\theta_1 < \theta_2$ の関係が成立している。第1波長 λ_1 と第2波長 λ_2 の大きさは、任意に選択可能であ

る。但し、入射角度が大きいほど検出感度が良くなり、また使用波長 λ が短いほど検出感度が良くなる傾向があるので、第1波長 λ_1 よりも第2波長 λ_2 が短い関係（第1波長 $\lambda_1 >$ 第2波長 λ_2 ）とすれば、第1照射角度 θ_1 による検出感度と第2照射角度 θ_2 による検出感度とが等しくなる方向に設定することができる。

【0076】次は、第1受光光学系40を説明する。

【0077】前述の散乱光を受光するために第1受光光学系40が設けられている。第1受光光学系40は、第1照射光学系20と第2照射光学系30によって照射された光束11、12による半導体ウエハ2の表面の検査点Pからの散乱光を第1受光方向から受光する。

【0078】第1受光方向の第1受光水平角 θ_{H1} （たとえば 90° ）は、第1照射光学系20又は第2照射光学系30による照射光束11、12が被検査物2で鏡面反射されたときの反射方向を基準にして測る。第1受光方向の受光仰角は例えば 30° に設定される。

【0079】図11に示すように、第1受光光学系40で受光された受光光束は、受光光路に挿入又はこれから離脱するために矢印方向に移動可能に配置されているNDフィルタ200を経たあと、第1波長 λ_1 の光束と第2波長 λ_2 の光束に第2ダイクロイックミラー45で分離される。そして、第1受光部41は、第1受光光学系40で受光した第1波長 λ_1 の散乱光を受光し、第1受光信号に変換する。第2受光部42は、第1受光光学系40で受光した第2波長 λ_2 の散乱光を受光し、第2受光信号に変換する。第1受光部41及び第2受光部42は、フォトマルチプライヤーなどの受光素子が望ましい。

【0080】また、変位部60を説明する。変位部60は、被検査物2を回転変位させる回転変位部61と、被検査物2を直線変位させる直線変位部62とから構成されている。回転変位部61の一回転の変位に対して、直線変位を光束の幅の所定割合だけ移動させるようにすることで、第1及び第2照射光学系20、30の照射光により被検査物2をくまなく螺旋走査する。

【0081】本発明は前述のような走査方法に限られるものではない。たとえば、回転変位の代わりに照射光束をポリゴンミラーなどで直線走査を行うようにしてもよい。

【0082】図10の実施例では、回転変位部61が回転テーブルを回転させる回転モータにより構成され、直線変位部62がその回転モータを直線的に移動させるスライド移動部で構成されている。スライド移動部は、その移動により照射光学系20、30の照射光束11、12の照射位置が被検査物2の中心を通り、直径方向によろように変位させる。

【0083】図12は、図10に示す表面検査装置のブロック図である。

【0084】後述する中央演算処理システム170から

信号処理部の働きを行う制御演算部120に測定信号が送られ、所定の信号処理がなされる。制御演算部120は、後述する受光信号の選択と所定の信号処理を行い、検査結果を必要に応じて表示部130で表示させたり、記憶部140に記憶したり、その記憶内容の読み出しを行う。

【0085】また、制御演算部120は、判別部160を制御する。判別部160は、被検査物上の検査対象の種類判別を行う。

【0086】さらに、制御演算部120は、回転変位部61の回転モータや直線変位部62のスライド移動部を制御したり、第1受光部41及び第2受光部42の感度切換部150を制御する。

【0087】感度切換部150は、NDフィルタ200を図2の矢印方向に移動して、第1受光部41及び第2受光部42の受光窓にNDフィルタ200を挿入して感度を下げたり、受光窓からNDフィルタ200を離脱して感度を上げたりすることにより感度切換を行う。

【0088】第1受光部41及び第2受光部42をフォトマルチプライヤーで形成したときには、これらに加える電圧の調整により感度を切り換えることもできる。

【0089】次に、互いに波長が異なる2つの光束を互いに異なる角度で入射した場合の、測定信号の形成について説明する。

【0090】図13は、図10に示す表面検査装置における投光系のシステムを示す概略ブロック図である。

【0091】図13に示すように、波長 λ_1 の第1光束11と波長 λ_2 の第2光束12が、被検査物表面上に照射される。そして、図14に示すように、波長 λ_1 の第1光束11と波長 λ_2 の第2光束12が、被検査物表面上の異物Pに照射されると、異物Pから散乱光が生じる。その散乱光は受光光学系40で受光される。受光光学系40は、波長 λ_1 の第1光束11の散乱光を通過させる第1波長板71と、波長 λ_2 の第2光束12の散乱光を通過させる第2波長板72を有する。波長 λ_1 の第1光束11による散乱光は、第1波長板71を通過し、第2波長板72を通過しない。波長 λ_2 の第2光束12による散乱光は、第2波長板72を通過し、第1波長板71を通過しない。

【0092】受光光学系40で受光された第1光束11の散乱光は、感度A側の受光素子（第1受光部）41により第1受光信号に変換される。感度Aは高感度に設定されている。受光光学系40で受光された第2光束12の散乱光は、感度B側の受光素子（第2受光部）42により第2受光信号に変換される。感度Bは低感度に設定されている。

【0093】なお、第1受光部と第2受光部は、互いに倍率が異なる検出系に属する。互いに倍率が異なる検出系は、互いに異なる感度を有する。第1受光部と第2受

光部は、異なる種類のデバイスを用いてもよい。

【0094】互いに異なる倍率を有する系は、それぞれの感度に合わせて、PSL粒子により校正（キャリブレーション）が行われる。この際、互いに異なる系間において同一粒子での校正（キャリブレーション）を最低1つ以上合わせる。

【0095】図15は、図10に示された表面検査装置の、処理系とメモリ部を示すブロック図である。

【0096】図15において、第1受光信号は、高感度側データ処理部（処理系）により、所定のデータ処理が施される。データ処理を施された第1受光信号は、メモリ部の高感度データメモリ範囲に高感度側散乱データとして記憶される。第1受光信号は、X座標やY座標、散乱強度、Z情報、異物形状、検出サイズその他の情報を有している。また、第2受光信号は、低感度側データ処理部（処理系）により、所定のデータ処理が施される。データ処理を施された第2受光信号は、メモリ部の低感度データメモリ範囲に低感度側散乱データとして記憶される。第2受光信号は、X座標やY座標、散乱強度、Z情報、異物形状、検出サイズその他の情報を有している。

【0097】なお、高感度側データ処理部と低感度側データ処理部は、図15に示すように、互いに独立している。

【0098】上述の、感度A側で処理された第1受光信号と、感度B側で処理された第2受光信号に基づいて、中央演算処理システムの信号形成部で測定信号が形成される。

【0099】図16は、中央演算処理システムによる測定信号形成処理のフローチャート図である。

【0100】中央演算処理システムは、図16の処理手順に従って、メモリ部に記憶された高感度側散乱データと低感度側散乱データを処理し、測定信号を形成する。

【0101】以下、順に説明する。まず、中央演算処理システムは、高感度データメモリ範囲から高感度側散乱データ（第1受光信号）を読み込む。次に、ステップS2に進み、読み込んだ高感度側散乱データ（第1受光信号）が飽和しているか否かを判断する。高感度散乱データが飽和していれば、つまり、読み込んだ高感度側散乱データが飽和データであるならば、ステップS3に進む。ステップS2で高感度側散乱データが飽和していないければ、後述するステップS7に進み、さらに処理すべき高感度側散乱データが存在するか否かを判断する。ここで、高感度側散乱データが飽和しているとは、高感度側散乱データが高感度の上限スライスを越えていることをいう。

【0102】ステップS3では、飽和した高感度側散乱データが位置する座標を基準とした所定の検索範囲で、低感度データメモリ範囲を検索する。飽和した高感度側散乱データが位置する座標を基準とした所定の検索範囲

は、あらかじめ検索条件として定めておく。そして、低感度側散乱データを読み込んで、ステップS4に進む。ステップS4では、低感度側散乱データの読み込み途中で、低感度側散乱データに含まれる異物のデータを1つ読み終えたか否かを判断する。低感度側散乱データの読み込み途中で、低感度側散乱データに含まれる異物のデータを1つ読み終えたら、ステップS5に進む。低感度側散乱データの読み込み途中で、低感度側散乱データに含まれる異物のデータの1つをまだ読み終えていない場合は、ステップS3に進み、読み込みを続ける。

【0103】ステップS5では、所定の検索範囲で読み込んだ低感度散乱データの座標が、検索範囲を定める基準とした飽和した高感度側散乱データの座標から所定の範囲内にあるときは、それらの低感度側散乱データの座標と高感度側散乱データの座標は一致するとみなし、ステップS6に進む。所定の検索範囲で読み込んだ低感度側散乱データの座標が、検索範囲を定める基準とした飽和した高感度側散乱データの座標から所定の範囲内に存在しないときは、ステップS3に進む。ステップS3でさらに低感度側散乱データを読み込んで、検索条件として定めた所定の検索範囲で低感度側散乱データに含まれる次の異物のデータを読み込む。そして、前述と同様の手順を繰り返す。

【0104】ステップS6では、飽和した高感度側散乱データの座標と一致するとみなされた低感度側散乱データに含まれる異物のデータの散乱強度や検出サイズを、その座標における測定信号の散乱強度や検出サイズとしてデータ登録する。次に、ステップS7に進む。

【0105】ステップS7では、高感度側散乱データの読み込みが終了したか否かを判断する。読み込みが終了した場合は、ステップS8に進み、測定信号の形成を終了する。読み込みが終了していない場合は、ステップS1に進み、高感度散乱データの読み込みを続ける。そして、前述と同様の手順を繰り返す。

【0106】本発明は、以上の実施例に限定されるものではない。

【0107】変形例においては、各検出系でデータが検出され、各検出系に対応する処理系でデータが処理されるようにしてもよい。その際の測定は、同じ波長を有する光束を、互いに異なる角度で被検査物表面上に2回照射することにより行ってもよい。この場合、2回の光束の照射において、共通の受光素子を用いて測定を行う。そして、検出系は、波長の選択機能を有さないようにしてもよい。

【0108】また、別の変形例においては、入射光を、たとえばNDフィルタ等により減衰して、各検出系の倍率を互いに異なるようにしてもよい。

【0109】

【発明の効果】この発明は、次のような効果を奏する。

【0110】感度の異なるデバイスや異なる目的で配置

したデバイスを使用する場合でも、広い連続したダイナミックレンジを達成できる。たとえば、同一座標系にみなせるように工夫をする事で、座標データをキーとして、デバイスの感度に応じた真の意味で広い連続したダイナミックレンジを達成できる。

【0111】本発明によれば、高感度のデバイスと低感度のデバイスを組み合わせることにより、小さな異物から大きな異物まで測定でき、広いダイナミックレンジを達成できる。

【0112】感度の異なるデバイスや異なる目的で配置したデバイスでも広い連続したダイナミックレンジを達成できるので、高価なデバイスと安価なデバイスの組み合わせによる連続した感度を得られるシステムが構築できる。

【0113】また、本発明によれば、座標を高精度に測定することにより、互いに異なる処理系のデータや互いに感度の異なる検出系から得られたデータでも、それらのデータを合成した測定データを用いて簡単にダイナミックレンジを拡大できる。

【0114】これにより、高感度素子には高い価格のデバイス（例えばフォトマルチプライヤ等）を使用し、低感度素子には安価なデバイス（例えばフォトダイオード等）を使用することができる。このような種類の異なるデバイスの組合せにより、一度の測定で微細化に対応した小さな異物から、大きな異物や被検査物表面の様々なディフェクトに対応が可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の1つの実施例による表面検査装置の主要な光学要素の概略配置図。

【図2】本発明による表面検査装置の受光光学系の詳細図。

【図3】本発明による表面検査装置のブロック図。

【図4】本発明による表面検査装置の中央演算処理システムによる測定信号形成のシステムのブロック図。

【図5】図4に示された処理システムのブロック図。

【図6】本発明の表面検査装置による受光信号における検査対象データの構造を示す図。

【図7】本発明の表面検査装置による検査対象データの一例を示す模式図。

*【図8】本発明の表面検査装置による受光信号の一例を示す図。

【図9】本発明の表面検査装置による受光信号の一例を示す図。

【図10】本発明の表面検査装置の変形例を示す図。

【図11】図10に示す表面検査装置の受光光学系の詳細図。

【図12】図10に示す表面検査装置のブロック図。

【図13】図10に示す表面検査装置の投光系のシステムブロック図。

【図14】図10に示す表面検査装置の検出受光システムのブロック図。

【図15】図10に示す表面検査装置の処理系とメモリ部を示すブロック図。

【図16】図10に示す表面検査装置の中央演算処理システムによる測定信号形成処理を示すフローチャート図。

【符号の説明】

1、101 表面検査装置

2 被検査物

3 ダイクロイックミラー

10 光源部

20 第1照射光学系

30 第2照射光学系

40 第1受光光学系

45 第2ダイクロイックミラー

50 第2受光光学系

60 変位部

61 回転変位部

62 直線変位部

41 第1受光部

42 第2受光部

120 制御演算部

130 表示部

140 記憶部

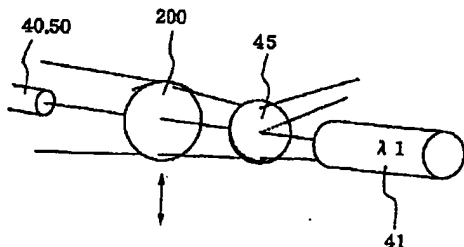
150 感度切換部

160 判別部

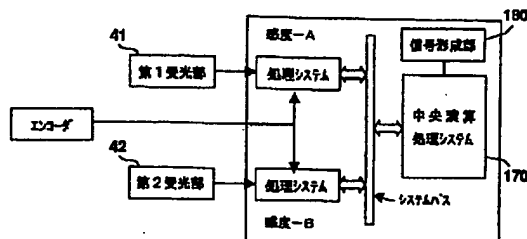
170 中央演算処理システム

180 信号形成部

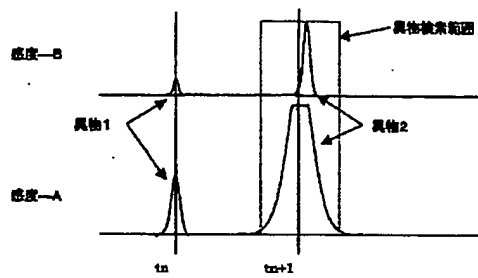
【図2】



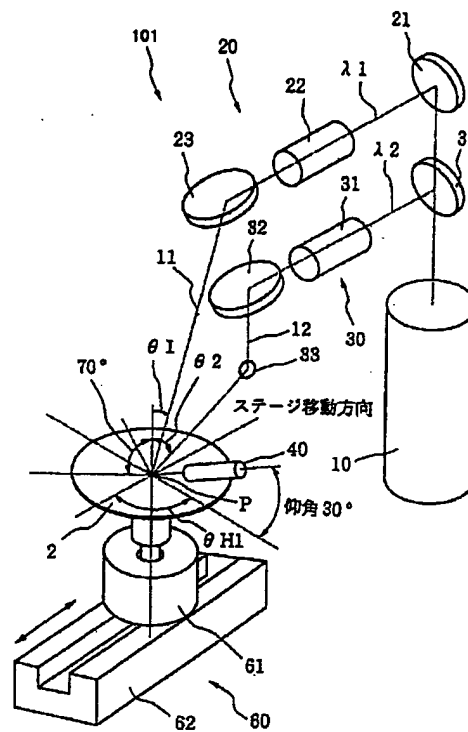
【図4】



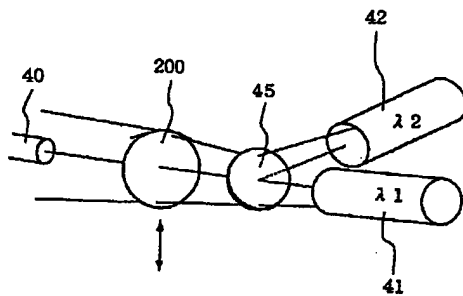
【図9】



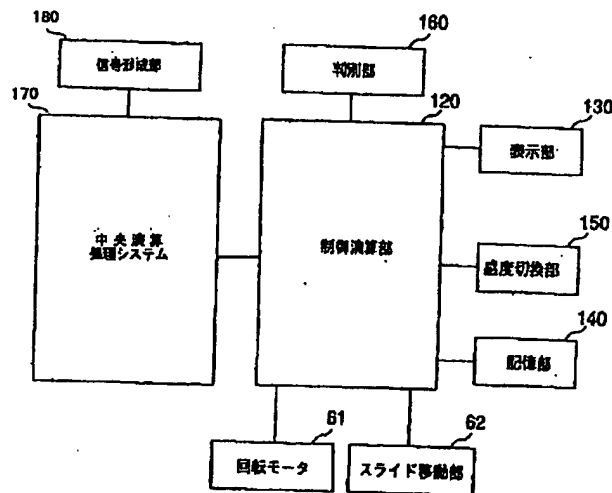
【図10】



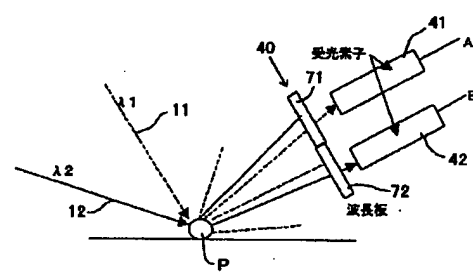
【図11】



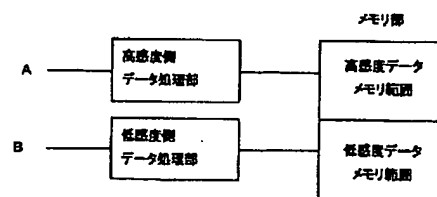
【図12】



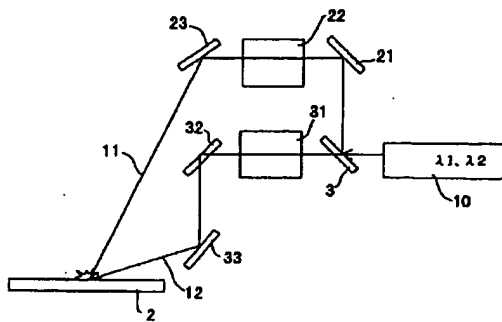
【図14】



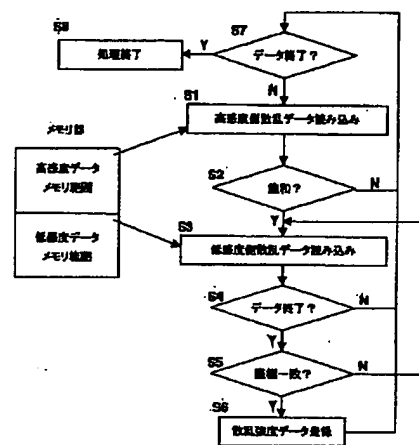
【図15】



【図13】



【図16】



フロントページの続き

F ターム(参考) 2F065 AA49 AA61 CC19 FF15 FF41
 FF67 GG04 GG05 GG23 HH04
 HH12 HH14 JJ05 JJ17 LL14
 LL20 LL24 LL62 MM02 MM16
 NN11 PP12 QQ03 QQ23 QQ29
 SS11
 2G051 AA51 AB01 AB20 AC02 BA01
 BA08 BA10 BC06 CA02 CA03
 CB05 CC12 DA08 EA12 EA24
 4M106 AA01 CA41 DB02 DB08 DB12
 DB13 DB14 DB30 DJ04
 5B047 AA12 BA01 BB08 BC05 BC07
 BC09 BC12 BC14 BC23 DB01
 DC02 DC20
 5B057 AA03 BA15 BA19 BA29 CA08
 CA12 CA16 CB08 CB12 CB16
 CC01 CE08 CH20 DA03 DB02
 DB09 DC22 DC32